

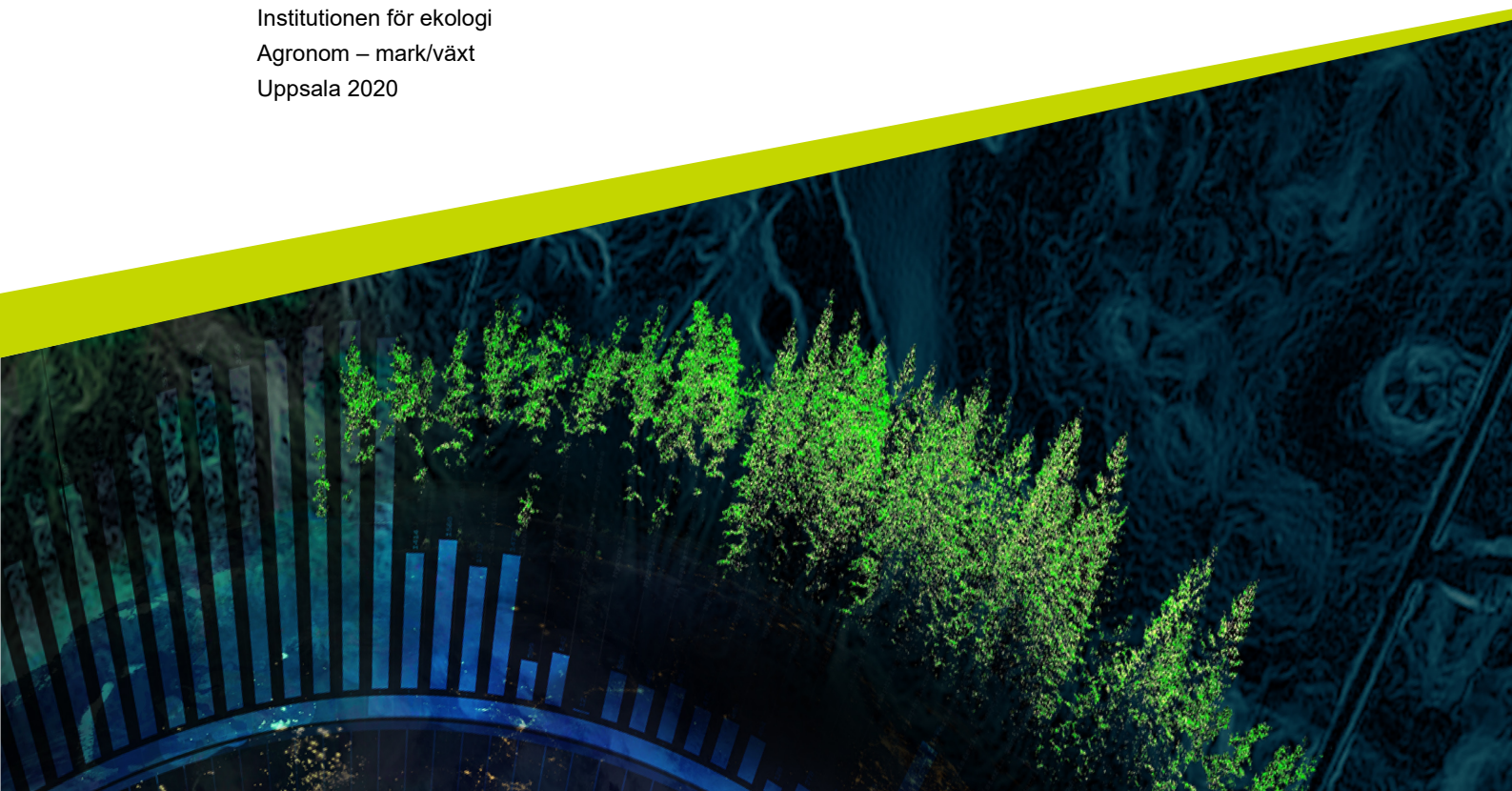


Ogräspredation av jordlöpare och gnagare i europeiska åkermarker

Weed seed predation by carabids and rodents in arable land in Europe

Eira Eksvärd

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för ekologi
Agronom – mark/växt
Uppsala 2020



Ogräspredation av jordlöpare och gnagare i europeiska åkermarker

Weed seed predation by carabids and rodents in arable land in Europe

Eira Eksvärd

Handledare: Mattias Jonsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi
Examinator: Riccardo Bommarco, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i Biologi
Kurskod: EX0894
Program/utbildning: Agronom - mark/växt
Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2020

Nyckelord: jordlöpare, gnagare, ogräspredation, integrerat växtskydd, ogräsbekämpning

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för ekologi

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Mer information om publicering och arkivering går att hitta här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Ogräs orsakar idag stora skördeförluster och ogräs har utvecklat resistens mot 23 av 26 kända verkningsplatser för herbicider. Ogräspredatorer så som jordlöpare och gnagare bidrar med en viktig ekosystemtjänst genom att konsumera ogräsfrön efter att de släppts från växten, och de kan därmed reducera fröbanken och reglera ogräspopulationerna. Ogräspredation har potential att bli en viktig del i bekämpningen av ogräs i åkermarker, men ogräspredationen kan variera mycket. Den här litteraturstudien diskuterar därför effekten av jordlöpare och gnagares ogräspredation i Europa och faktorer som påverkar ogräspredationen. Vissa arter av jordlöpare och gnagare har större betydelse för ogräspredationen. Ogräspredationen skiljer sig även åt mellan olika ogräsarter där faktorer så som storlek och energiinnehåll kan påverka ogräspredatorers preferens av frön. Jordbruksåtgärder så som jordbearbetning och besprutning med kemiska bekämpningsmedel kan ha en negativ påverkan på ogräspredationen, medan god planering av åtgärder och tillgång på skyddande vegetation gynnar ogräspredatorer. Vissa främjande åtgärder kan vara svåra att kombinera, men om man som lantbrukare redan följer riktlinjerna för IPM bör främjandet av ogräspredation passa in i den befintliga verksamheten.

Nyckelord: jordlöpare, gnagare, ogräspredation, integrerat växtskydd, ogräsbekämpning

Abstract

Weeds is a major cause for crop yield losses and have developed resistance to 23 of 26 known herbicide sites of action. Weed seed predators such as carabids and rodents provide an important ecosystem service by consuming weed seeds after the seeds have been dispersed, and they can thus reduce the seed banks and regulate weed populations. Weed seed predation has the potential to become an essential part of weed control. However, weed seed predation can vary substantially. This review therefore discusses the impact of carabids and rodents on weed seed predation in Europe and factors that determines the predation levels. Some species of carabids and rodents play a bigger part in weed seed predation than others. The weed seed predation also differs between weed species and factors such as seed size and energy content influence predator's preference for different seeds. Agricultural management practices such as tillage and pesticide applications have a negative effect on weed seed predation, whereas proper planning of management practices and access to vegetation cover have a positive effect. Practices that have a positive effect on weed seed predation can sometimes be hard to combine, facilitating weed seed predation should however fit in with existing practices for farmers who follow IPM guidelines.

Keywords: carabids, rodents, weed seed predation, integrated pest management, weed management

Innehållsförteckning

FIGURFÖRTECKNING	8
1. INLEDNING.....	9
2. RESULTAT	12
2.1. EFFEKTEN AV OGRÄSPREDATION.....	12
2.1.1. <i>Effekten av olika grupper av ogräspredatorer.....</i>	<i>13</i>
2.2. ARTER OCH DERAS PREFERENSER	15
2.2.1. <i>Jordlöpare.....</i>	<i>15</i>
2.2.2. <i>Gnagare.....</i>	<i>19</i>
2.3. JORDBRUKSMETODERS PÅVERKAN PÅ OGRÄSPREDATION	21
2.3.1. <i>Jordbearbetning</i>	<i>21</i>
2.3.2. <i>Bekämpningsmedel</i>	<i>23</i>
2.3.3. <i>Grödval, växtföljd och habitat.....</i>	<i>25</i>
3. DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	29
REFERENSER.....	32

Figurförteckning

Figur 1. <i>Pterostichus melanarius</i> av Mattias Jonsson.....	17
Figur 2. <i>Pseudoophonus rufipes</i> av Mattias Jonsson	17
Figur 3. <i>Apodemus sylvaticus</i> av Rasbank (CC BY-SA 3.0).....	20
Figur 4. <i>Microtus arvalis</i> av Dieter TD (CC BY-SA 3.0)	20

1. Inledning

En av våra stora utmaningar idag är att säkra framtidens livsmedelsförsörjning med ökad produktivitet och hög avkastning, samtidigt som påverkan på miljön och förlitandet på kemiska bekämpningsmedel minskar (TheRoyal Society (London) 2009). Att minska mängden bekämpningsmedel behövs eftersom de orsakar problem när de inte bryts ner tillräckligt efter sitt användande eller sprids till fel ställen (Wivstad 2005). Ogräs är en stor orsak till skördeföruster i växtproduktionen och har varit det sedan jordbrukets början (Délye *et al.* 2013). Globalt sett står ogräs i snitt för en potentiell skördeförust på 34% (Oerke 2006). Detta har lett till en hög användning av herbicider i konventionella odlingssystem de senaste årtiondena. Det finns idag 262 ogräsarter med rapporterad herbicidresistens, och ogräs har utvecklat resistens mot 23 av 26 kända verkningsplatser för herbicider (Heap 2020). Herbicidresistens har uppkommit på grund av ogräspopulationers anpassningsförmåga till följd av intensivt selektionstryck från herbicider (Neve *et al.* 2009). De individer som är minst känsliga mot herbicider har en selektiv fördel i ogräspopulationer som upprepat behandlas med herbicider, och deras avkomma ökar därför i antal tills populationen har skiftat till att i huvudsak bestå av herbicidresistenta individer (Délye *et al.* 2013).

Oro för eventuella negativa effekter från godtyckligt användande av pesticider har funnits sedan de först började nyttjas. I samma veva lades grunden till vad vi idag kallar integrerat växtskydd (Ehler 2006). Integrerat växtskydd, eller IPM som det även kallas, kan definieras som en ”process som innefattar koordinerad användning av flera taktiker för att optimera bekämpningen av alla klasser av skadegörare (insekter, patogener, ogräs, vertebrater) på ett ekologiskt och ekonomiskt sunt sätt” (Ehler 2006). För den som praktiserar IPM, innebär det bland annat att regelbundet bevaka skaderisken från skadegörare och att använda sig av förebyggande åtgärder (Ehler 2006; *Växtskyddsåtgärder* 2020). Det gäller även att följa upp, anpassa och utvärdera bekämpningsåtgärderna så att de passar behoven (*Växtskyddsåtgärder* 2020)

En grundläggande princip i IPM är användandet av ekonomiska tröskelvärden för att underlätta beslut om när pesticidbehandlingar ska göras. Den här principen säkerställer att bekämpningsåtgärder är motiverade när densiteten av skadegörare

överstiger en nivå där kostnaden av skadan är lika med kostnaden för bekämpningsåtgärden (Norris 2011). I det långa loppet anses IPM reducera användandet av pesticider, ge ekonomiska besparingar och skydda både miljön och människors hälsa (Ehler 2006).

En annan viktig del av IPM är biologisk bekämpning. Med biologisk bekämpning menas metoder för att reglera skadegörare så som skadedjur, patogener och ogräs, genom att dra nytta av levande organismer som naturligt hämmar skadegörarna. Biologisk bekämpning bygger på ekologiska interaktioner mellan dessa naturliga fiender och skadeorganismer i form av konkurrens, patogenitet, parasitism och predation (Eilenberg *et al.* 2001). Det finns tre typer av biologisk bekämpning: klassisk biologisk bekämpning, tillsättande biologisk bekämpning och bevarande biologisk bekämpning. Klassisk biologisk bekämpning innebär att en skadegörares naturliga fiende införs i ett nytt område med intentionen att de ska etablera sig i och bekämpa skadegöraren i den nya miljön. Vid tillsättande biologisk bekämpning tillförs nyttoorganismer med avsikten att antingen enbart bekämpa skadegörare och överleva i den nya miljön en kortare period, eller för att stärka upp en redan befintlig population. Bevarande biologisk bekämpning handlar istället om att bevara och gynna redan befintliga naturliga fiender genom att ändra miljön de lever i (Eilenberg *et al.* 2001).

Biologisk bekämpning av ogräs genom att bevara och gynna deras naturliga fiender är idag aktuellt för att minska användandet av herbicider. Ogräs naturliga fiender, ogräspredatorer, är organismer där ogräsfrön utgör en viktig del av deras föda. Med ogräspredation menas alltså konsumtionen av ogräsfrön från dessa nyttodjur. Ogräspredation delas in i två typer av predation; predation där omogna och mogna frön konsumeras innan de släpps från växten, och predation av frön på marken efter att de släppts från växten (Sarabi 2019). Totalt 70–99% av ogräsfröna som produceras årligen i spannmålsfält kommer varken upp som groddar eller går att återfinna i fröbanken (Cardina & Norquay 1997). En stor anledning till dessa förluster kan vara just ogräspredation (Westerman *et al.* 2003b). På grund av de skördeförluster ogräs orsakar och utvecklingen och spridningen av herbicidresistenta ogräs, innebär en herbicidfri bekämpning av ogräs genom ogräspredation en viktig ekosystemtjänst med betydande ekonomisk och samhällelig påverkan (Bohan *et al.* 2011).

Om fältets och det kringliggande landskapets ekosystem är väl uppbyggda för att leverera ekosystemtjänster kan det åtminstone delvis ersätta den ogräshämmande funktion pesticider bidrar med. För att de lantbrukare som är vana vid pesticider istället ska välja att satsa på ekologiska processer som ogräspredation, är det viktigt att visa att dessa kan användas utan en allt för stor risk (Bohan *et al.* 2011).

Syftet med den här studien är att samla och sammanställa information om ogräspredation och dess potential inom jordbruket. För att kunna utnyttja och optimera ekosystemtjänsten som ogräspredatorer utför krävs det en förståelse för vilka faktorer som påverkar ogräspredationen. Den här studien tittar därför på effekten av ogräspredation, vilka taxa som är viktiga ogräspredatorer samt vilka ogräs det rör sig om, och vilka faktorer som påverkar ogräspredationen hos dessa arter. Studien är begränsad till gnagare och jordlöpare (Coleoptera: Carabidae) i europeiska åkermarker.

2. Resultat

2.1. Effekten av ogräspredation

Både ogräspredation som sker innan fröna släpps och ogräspredation som sker efter att fröna fallit ned från växten är viktiga för bekämpningen av ogräs. Även om forskningen oftast fokuserar på ogräspredationen som sker efter att fröna släppts, menar Sarabi (2019) att ogräspredation på frön innan den släpps från växten är effektivare. Detta eftersom perioden mellan att fröämnet bildas och att fröet sedan mognar är det känsligaste stadiet i ett ogräs livscykel. Så mycket som 95% av all frödöd sker under denna period och ogräspredation är en av anledningarna (Fenner 1985). Vidare kommer dock enbart ogräspredation som sker efter att fröna fallit till marken att diskuteras.

Ogräspopulationer påverkas kraftigt av att frön förloras, och en årlig förlust av 25–50% verkar vara tillräckligt för att populationens tillväxt ska reduceras (Firbank & Watkinson 1986; Medd & Ridings 1989). Växtpopulationers tillväxttakt och vitalitet påverkas dock av fler faktorer än enbart förlusten av frön, och för att få en korrekt bild av vad som reducerar ogräspopulationer behöver hela livscykeln tas hänsyn till. Olika delar av livscykeln har olika betydelse för tillväxttakten hos en population. För kortlivade växter kan till exempel reproduktionen ha en större betydelse för populationstillväxten jämfört med långlivade växter där överlevnaden är viktigare (Ehrlén *et al.* 2011). Fröförlusten kan därför ha en större påverkan för vissa ogräspopulationer än andra.

I Nederländska spannmålsfält uppskattades att den årliga förlusten av ogräsfrön till följd av predation varierar från 32% till 70%, när man bortsåg från att frön kan begravas i marken (Westerman *et al.* 2003b). Cromar *et al.* (1999) beräknade att förlusten till följd av ogräspredation av hönshirsfrön kunde vara så hög som 82% av de producerade fröna under ett år. Dessa siffror indikerar att ogräspredation står för en stor del av de frön som varken gror eller går att återfinna i fröbanken (Cardina & Norquay 1997). Westerman *et al.*s (2003b) studie visade att ogräspredation bidrog väsentligt till hämmandet av ogräspopulationers tillväxt på åtminstone tre av de fyra gårdar de studerade.

Den årliga förlusten av frön till följd av ogräspredation på frön efter att de släppts till marken bestäms av hur länge ogräsfröna ligger exponerade och hur hög predationshastigheten är under den perioden (Westerman *et al.* 2003b). Ju kortare tidsperiod ogräsfröna ligger exponerade desto lägre blir förlusten av ogräsfrön. Exponeringsperioden börjar när frön släpps från en växt och slutar när de antingen begravts eller gror (Westerman *et al.* 2003b). Begravning av fröna sker oftast när jordbearbetning görs som till exempel vid stubbkultivering och plöjning efter skörd (Cousens & Moss 1990), men kan även ske tidigare under odlingssäsongen på grund av naturliga orsaker såsom nedfall i jordsprickor samt genom regn- och vinderosion (Sarabi 2019). Perioden där frön släpps är från slutet av juni till november (Leguizamon & Roberts 1982; Westerman *et al.* 2003b) men varierar mellan arter och plats. Ogräspredationen tenderar att vara låg i maj, hög i juni och i början på juli, för att sedan sjunka igen framåt augusti (Westerman *et al.* 2003b; a; Tschumi *et al.* 2018). Westerman *et al.* (2003b) beräknade till exempel att *Poa* spp. och *Capsella bursa-pastoris* kan förlora 56% av sina frön på grund av ogräspredation, medan endast cirka 18–20% av frön från *Veronica* spp., *Polygonum convolvulus* och *Polygonum persicaria* konsumeras. En anledning till denna skillnad är att frön från *Poa* spp. och *C. bursa-pastoris* släpps relativt tidigt på säsongen och därför är exponerade för höga nivåer av ogräspredation från tidig sommar och genom hela odlingssäsongen (Westerman *et al.* 2003b).

Westerman *et al.* (2003b) antog att ogräspredationen skulle öka under odlingssäsongen. Detta eftersom antalet ogräspredatorer ökar till följd av reproduktion under våren och sommaren (Ouin *et al.* 2000). En ökning av antalet ogräspredatorer förväntades därför öka efterfrågan på ogräsfrön. Westerman *et al.* (2003b) fann dock att efterfrågan på ogräsfrön sjönk när tillgången på ogräsfrön ökade och förklarade det med att ogräspredatorerna helt enkelt kan ha blivit mätta på dessa frön (Cardina *et al.* 1996).

2.1.1. Effekten av olika grupper av ogräspredatorer

Variationen av storleken på ogräspredationen beror delvis på att den orsakas av olika grupper av ogräspredatorer (Westerman *et al.* 2003a). Flera olika grupper av djur, både vertebrater så som fåglar och gnagare och evertebrater som sniglar, myror, jordlöpare och syrsor, har visat sig konsumera frön (Hulme 1994; Cardina *et al.* 1996; Zhang *et al.* 1997; Cromar *et al.* 1999; Bohan *et al.* 2011; Frei *et al.* 2019). Huruvida det är vertebrater eller evertebrater som bidragit mest till ogräspredationen har varierat i tidigare studier. Vissa menar att vertebrater (Harrison *et al.* 2003; Westerman *et al.* 2003a; Baraibar *et al.* 2012; Tschumi *et al.* 2018) bidrar mest, medan andra hävdar att det är evertebrater (Cromar *et al.* 1999; Menalled *et al.* 2000; Mauchline *et al.* 2005) som dominerar ogräspredationen. Den

här studien tar upp både vertebraters och evertebraters ogräspredation, med ett närmare fokus på gnagare och jordlöpare då de hör till de viktigare ogräspredatorerna (Daedlow *et al.* 2014).

Frei *et al.* (2019) har tittat på maginnehållet hos infångade individer av jordlöpararterna *Pseudoophonus rufipes*, *Poecilus cuperus* och *Pterostichus melanarius* och undersökt innehållets DNA för att fastställa vad de studerade jordlöparna hade valt att äta. Av alla undersökta prover hittades 78 % positiva svar för åtminstone en av de födotyper som de testade för (växter, bladlöss, daggmaskar och hoppstjärter). Av de individer som testade positivt identifierades enbart DNA från växtriket i 49,8% av svaren, 43,1 % hade både växt- och djur DNA och endast 7.1% hade bara animaliskt DNA i sig. Växt DNA detekterades i maginnehållet hos 90.9% av individerna av arten *P. rufipes* vilket var märkbart högre än hos *P. cupereus* (63,5 & 71.4%) och *P. melanarius* (69.7%) (Frei *et al.* 2019).

En studie i Storbritannien fann att ogräsfröbanken påverkades negativt av en ökad mängd jordlöpare, vilket ytterligare visar på att jordlöpare är ogräspredatorer i åkermarker och att frön som inte konsumeras hamnar i fröbanken (Bohan *et al.* 2011). Dock sågs bara tydliga samband mellan mängden jordlöpare och den totala ogräsfröbanken, det vill säga fröbanken för både monokotyledoner och dikotyledoner, i vårmajs och höstraps, men inte i de andra grödorna, vårraps, sockerbeta och foderbeta, som var med i studien (Bohan *et al.* 2011). Monokotyledonogräsens fröbanker påverkades å andra sidan negativt av mängden jordlöpare i alla grödor som var med i Bohan *et al.s* (2011) försök. Jordlöpare har därmed visats ha en reglerande effekt på monokotyledoners fröbank och påverkar därför tydligt storleken på de ogräspopulationerna.

I en studie där ogräspredationen i fält med vete och rågvete i Nederländerna undersöktes, visade sig vertebrater vara de huvudsakliga ogräspredatorerna på majoriteten av gårdarna i studien och stod för 30–88% av ogräspredationen (Westerman *et al.* 2003a). Enligt Westerman *et al.* (2003a) var det i huvudsakligen möss som var ansvariga för dessa resultat. Även i havre och rågfält i södra Sverige fann man att vertebrater stod för den större delen av ogräspredationen då de bidrog med 70% av predationen (Tschumi *et al.* 2018). Möss orsakade en ogräspredation på upp till 92% i en studie i spanska spannmålsfält, och reducerade inmatningen av frön till fröbanken med åtminstone 88% under försöksperioden (Daedlow *et al.* 2014). Till skillnad från vertebrater var evertebrater de huvudsakliga predatorerna i enbart ett av åtta fall i Westerman *et al.s* (2003a) undersökning, och stod då för 74% av ogräspredationen. Vid fältförsök i majs, soja och vete fann Cromar *et al.* (1999) att evertebrater konsumerade 22–28% av de tillgängliga fröna och stod för 78–90% av den totala ogräspredationen. I Storbritannien undersöktes predationen av fyra olika ogräsfrön i kornfält där evertebrater visades vara de huvudsakliga

predatorerna för alla fyra ogräs (Mauchline *et al.* 2005). I alla ovanstående studier, förutom en där burar saknades och andelen istället uppskattades genom fångst (Daedlow *et al.* 2014), kontrollerades andelen ogräspredation från vertebrater och evertebrater genom nätburar med olika stora maskor.

Förekomsten och nivån på evertebraters ogräspredation är oförutsägbar och varierar mycket med tiden (Wilson *et al.* 1993; Menalled *et al.* 2000; Westerman *et al.* 2003a). Flera studier har funnit liknande resultat med hög variation hos vertebraters ogräspredation (Hulme 1994; Cardina *et al.* 1996). Eftersom vertebrater stod för större delen av ogräspredationen, bidrog evertebrater därför relativt lite till variationen av den totala ogräspredationen i Westerman *et al.*s (2003a) studie. Jordlöparens ogräspredation skiljer sig åt mellan olika grödor vilket förklaras med att olika ogräsarter trivs i olika grödor (Bohan *et al.* 2011). Varje gröda har en distinkt sammansättning av både ogräs och evertebrater (Smith *et al.* 2008).

Tidpunkten för ogräspredatorernas aktivitet har som sagt konsekvenser för hur stor påverkan predationen har på ogräspopulationerna. Den totala förlusten av frön på grund av ogräspredation beror på hur ogräspredatorers efterfrågan stämmer överens tidsmässigt under säsongen med utbudet av frön som släppts (Westerman *et al.* 2003a; b). Vertebrater konsumerade ogräsfrön under hela odlingsäsongen även om predationen nådde en topp i juni och var lägre i maj och augusti (Westerman *et al.* 2003a). Evertebrater stod för en del av ogräspredationen mellan mitten av juni och augusti. De flesta ogräsarter släpper sina frön från och med slutet på juni och framåt (Leguizamon & Roberts 1982; Westerman *et al.* 2003b). Eftersom möss har en högre konsumtion i början av säsongen än slutet, kan deras bidrag till den totala förlusten av ogräsfrön därför vara lägre än evertebraters, eftersom deras efterfrågan på ogräsfrön kommer senare under säsongen (Westerman *et al.* 2003a). Därmed kan gnagares ogräspredation ha en lägre påverkan på ogräsens livscykel än evertebraternas ogräspredation (Westerman *et al.* 2003a). Detta kan betyda att evertebraters ogräspredation har en potential att utöva en större kontroll av ogräspopulationer än vertebrater även i de fall där vertebrater står för majoriteten av ogräspredationen (Westerman *et al.* 2003a).

2.2. Arter och deras preferenser

2.2.1. Jordlöpare

I den tempererade klimatzonen står jordlöpare ofta för en stor andel av evertebraters ogräspredation i åkermarker (Westerman *et al.* 2003a; Honek *et al.* 2006; Gaines & Gratton 2010; van der Laat *et al.* 2015). Jordlöpare är en artrik grupp med både

arter som är karnivora, omnivora och granivora (Hengeveld 1980; Saska 2008; Talarico *et al.* 2016). Både granivora och omnivora arter av jordlöpare bidrar till reglering av markens fröbank (Bohan *et al.* 2011). Vilka ogräsfrön som predatorer föredrar kan vara en viktig faktor som påverkar resultaten från ogräspredationsstudier (Saska *et al.* 2019). Cafeteriatest visar att ogräspredation, fröpreferenser och hur bred preferensen är varierar mellan arter av jordlöpare som har frön som en viktig del av deras diet (Honek *et al.* 2006; Saska *et al.* 2019). Dessa jordlöpararter hör oftast till tribus Zabrinini eller Harpalini (Saska *et al.* 2019).

Olika arter av jordlöpare bidrar olika mycket till ogräspredationen. Utav de 44 arter och 26 släkten av fröätande jordlöpare i en fältstudie i Frankrike, uppskattades fyra arter av jordlöpare ha en signifikant korrelation mellan deras fallfällfångst och ogräspredationen på *Viola arvensis* frön (Carbonne *et al.* 2020). Det granivora släktet *Harpalus* är av betydelse för ogräspredationen och två arter av *Harpalus* visades vara viktiga, *H. affinis* och *H. dimidiatus* (Carbonne *et al.* 2020). Dessa är två medelstora arter som förökar sig på våren. Man kunde även se samband mellan ogräspredationen och arterna *Poecilus cupreus* och *Pseudoophonus rufipes* som även de är medelstora arter. *P. cupreus* fortplantar sig på våren och *P. rufipes* på hösten (Cole *et al.* 2002). *Pseudoophonus rufipes* åt högst antal frön, följt av *H. dimidiatus* och *H. affinis* i labbförsök (Gaba *et al.* 2019). Frökonsumtionen var betydligt lägre för *P. cupreus* (Gaba *et al.* 2019). Detta stämmer överens med tidigare studier som har visat att släkten från tribus Harpalini, så som *Harpalus* eller *Pseudoophonus*, konsumerar märkbara kvantiteter av *V. arvensis* frön i labbförsök (Honek *et al.* 2007; Petit *et al.* 2014; Deroulers & Bretagnolle 2019). Arter som inte hörde till tribus Harpalini eller Zabrinini tenderade att enbart motvilligt äta de erbjudna ogräsfröna i cafeteriatest (Saska *et al.* 2019).

Den omnivora arten *P. cupreus*, som hör till tribus Pterostichini (Gaba *et al.* 2019), visade ingen preferens för *V. arvensis* jämfört med *C. bursa-pastoris*, *Veronica hederifolia*, *Galium aparine* och *Alopecurus myosuroides* (Petit *et al.* 2014), men *P. cupreus* är en av de vanligaste fynden i fallfällor (Carbonne *et al.* 2020). *P. cupreus* blir därför en viktig art eftersom att deras höga abundans kompenserar för den lägre konsumtionen (Carbonne *et al.* 2020). Liknande omständigheter gäller för arten *Pterostichus melanarius*, som också är omnivor och hör till tribus Pterostichini (Petit *et al.* 2014). Enskilda individer av *P. melanarius* konsumerar troligtvis inga stora mängder frön i fält, då dess dagliga konsumtion av frön i labb är väldigt låg (Petit *et al.* 2014). På grund av att såpass många individer av arten finns i fält (Petit *et al.* 2014) kan arten trots det ha en effekt på ogräspredationen. Att abundansen av *P. melanarius* bidrar till reglering av ogräsfröbanker har visats tidigare (Bohan *et al.* 2011). För *P. rufipes* visar labbresultaten en stark preferens för, och hög konsumtion av *V. arvensis* frön. Det är därför troligt att en så pass stark preferens gör det möjligt att detektera predation av *P. rufipes* trots den relativt låga

abundansen av denna granivora art (Petit *et al.* 2014). Även om ogräspredationen av jordlöpare varierade mellan grödor och årstider, var *P. rufipes* och *H. affinis* alltid de dominanta ogräspredatorerna bland jordlöpare i Tjeckien (Honek *et al.* 2003).



Figur 1. *Pterostichus melanarius* av Mattias Jonsson



Figur 2. *Pseudoophonus rufipes* av Mattias Jonsson

En studie av jordlöpare som jämför resultat i franska vetefält med resultat av cafeteria-test i labb, visar att jordlöpare inte förtär frön från alla ogräsarter i samma utsträckning (Petit *et al.* 2014). De ogräsarter vars frön föredras av flest arter av jordlöpare är *V. arvensis*, *Taraxacum officinale*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cirsium arvense*, *Tripleurospermum inodorum*, *Descurainia sophia* och *Senecio vulgaris* (Petit *et al.* 2014; Saska *et al.* 2019). Petit *et al.* (2014) fann att deras resultat i labb stämde överens med resultaten från fält, nämligen att *V. arvensis* och *C. bursa-pastoris* var de ogräsarter från vilka flest frön konsumerades av jordlöpare. Detta stämmer även överens med resultat från tidigare studier (Honek *et al.* 2003). Den dagliga åtgången av *C. bursa-pastoris* och *V. arvensis* varierade mellan omnivorer och granivorer, men även mellan arterna inom de två grupperna (Petit *et al.* 2014). För *C. bursa-pastoris* var jordlöpararten *Amara consularis* den största predatorn (Petit *et al.* 2014). Arterna *P. rufipes* och *H. affinis* visar en preferens för frön av *V. arvensis* (Honek *et al.* 2006; Petit *et al.* 2014), och undviker tydligt frön av *Alopecurus myosuroides* (Petit *et al.* 2014). Konsumtionen av *C. bursa-pastoris* och *V. arvensis* var även höga under hela Petit *et al.* (2014) studie, vilket stämmer

överens med laborativa experiment som visar att fröpreferensmönster för individuella jordlöpararter är konstanta under åtminstone en odlingssäsong (Honek *et al.* 2006).

Precis som att vissa ogräsfrön föredras av många arter av jordlöpare finns det också frön från ogräsarter som de flesta jordlöpare verkar undvika. I en studie med frön från 28 olika ogräsarter var det ingen av de 37 arterna av jordlöpare som föredrog frön från ogräsarterna *Consolida regalis*, *Arcita lappa* och *Bidens tripartita* (Saska *et al.* 2019). Arterna *Galium aparine*, *Veronica hederifolia*, *Fallopia convolvulus*, *Fumaria officinalis* och *Alopecurus myosuroides* är även de arter som sällan konsumeras av jordlöpare (Honek *et al.* 2003; Petit *et al.* 2014; Gaba *et al.* 2019).

Jordlöpares val av frön påverkas både av deras kroppsstorlek och taxonomiska klassificering, till exempel tenderar arter som tillhör Zabrinini och Harpalini att föredra frön från olika ogräsarter (Honek *et al.* 2007). När på året arterna förökar sig har också en betydelse, där arter av Zabrinini som förökade sig på hösten föredrar till exempel *T. officinalis*, medan de mindre arterna som fortplantar sig på våren föredrar mindre frön som de från *Stellaria media* (Honek *et al.* 2007). Harpalini har en bredare preferens och äter även frön från ogräsarter som de flesta Zabrinini-arter undviker, som till exempel *C. arvense* och *V. arvensis*. Arter från Harpalini anses därför oftare vara frögeneralister medan de från Zabrinini är mer specialiserade på några få ogräsarter (Honek *et al.* 2007).

Konsumtionen hos jordlöpare varierar beroende på kroppsstorleken där kroppsmassan verkar vara en bättre indikator på konsumtionen än kroppslängden (Saska *et al.* 2019). Arter vars kroppsmassa är medelstor har både en högre frökonsumtion och en bredare preferens (Honek *et al.* 2007; Saska *et al.* 2019). Detta kan bero på att mindre arter föredrar mindre frön som är lättare att greppa och krossa, och att större arter föredrar de större fröna då de inte kan hålla mindre frön i deras mundelar (Saska *et al.* 2019). Medelstora jordlöpare kan däremot ta vara på inte bara de medelstora fröna utan även de av mindre och större storlek. Detta leder till en högre total konsumtion av frön och en lägre preferens för specifika ogräsfrön (Saska *et al.* 2019).

Att hantera större frön är i allmänhet mer tidskrävande och kräver mer energi än de mindre fröna (Heredia & Detrain 2005; Pirk & De Casenave 2011). Det positiva sambandet mellan frömassa och tjockleken på fröskalet kan delvis förklara preferensen för mindre frön hos jordlöpare (Gaba *et al.* 2019). Det observerades att på åtminstone de större fröna, avlägsnade jordlöpare skalet och åt bara själva fröet i sig (Gaba *et al.* 2019). Hur hårt fröskalet är och dess fysiska struktur kan därför också påverka konsumtionen av frön (Honek *et al.* 2007; Gaba *et al.* 2019). De två arter av ogräsfrön som inte konsumerades alls, *Galium aparine* (3–4 mm) och

Veronica hedrifolia (2.5–3.5 mm), var även bland de största och tyngsta i Gaba *et al.* (2019) studie. Låga siffror för konsumtionen av frön från *G. aparine* (Honek *et al.* 2003; Petit *et al.* 2014) och *V. hedrifolia* (Petit *et al.* 2014) har också påvisats i tidigare studier.

Gaba *et al.* (2019) visade på en större konsumtion av de fröarter som har ett högt lipidinnehåll och förutsatt att fröstorleken var lämplig för konsumtion, valde jordlöpare frön med högt lipidinnehåll. För de två största jordlöpararterna i studien, *P. rufipes* och *H. dimidiatus*, var intaget av antal frön positivt korrelerat med lipidinnehållet i fröna, men samma samband fanns inte för de två mindre arterna (*H. affinis* och *P. curpreus*) (Gaba *et al.* 2019). Även om de fyra jordlöpararterna i studien hade en klar preferens för något mindre frön, fann de att lipidinnehållet också ökade andelen ogräspredation (Gaba *et al.* 2019). Många av de mindre fröna åts inte alls. Det finns alltså andra fröegenskaper än storlek som gör att jordlöpare avstår från dem, så som en brist på lipider eller förekomsten av kemiska föreningar (Gaba *et al.* 2019). Gaba *et al.* (2019) fann även att Båda arter av *Harpalus* och *P. rufipes* prioriterade fröns lipidinnehåll över fröstorleken.

Petit *et al.* (2014) drog slutsatsen att endast ett begränsat antal ogräs troligtvis kan regleras av jordlöpare. Det är möjligt att en diversifiering av ogräspredatorer baserat på deras kroppsstorlek och metaboliska krav kan resultera i kompletterande ogräspredation till följd av deras olika preferenser för frön och lipidinnehåll (Gaba *et al.* 2019).

2.2.2. Gnagare

De vanligaste gnagarna i europeiska åkermarker är fältsork (*Microtus arvalis*), algerisk husmus (*Mus spretus*), brandmus (*Apodemus agrarius*), dvärgskogsmus (*Apodemus microps*) och mindre skogsmus (*Apodemus sylvaticus*) (Heroldová *et al.* 2007; Baraibar *et al.* 2009; Daedlow *et al.* 2012, 2014; Janova & Heroldova 2016). Hela 77% av mindre däggdjur i tjeckiska åkermarker utgörs av *A. Sylvaticus*, *A. Microps* och *M. arvalis* (Heroldová *et al.* 2007). Även om sorken *M. arvalis* nämns som en vanlig granivor gnagare i åkermarker (Heroldová *et al.* 2007; Janova & Heroldova 2016; Fischer *et al.* 2018), hävdar Fischer *et al.* (2018) att det finns ett tydligt samband mellan abundansen av sorkar och skadegörelse i form av avgnagda vetestrån i tyska vetefält. Liknande samband finns däremot inte för möss och dessa ekosystem-otjänster (Fischer *et al.* 2018), och det verkar därför som att möss är mer av ett nyttodjur än sorkar. De huvudsakliga ogräspredatorerna i Daedlow *et al.*s (2014) studie var mössen *M. spretus* och *A. sylvaticus*. Detta stämmer överens med resultat från tidigare studier i Spanien där *Mus spretus* var det vanligaste fyndet av ogräsprederande gnagare, följt av *A. sylvaticus* (Baraibar

et al. 2009). Westerman *et al.* (2003a; b) nämner *A. sylvaticus* som den art som med största sannolikhet stått för ogräspredationen från vertebrater i deras studier. *A. sylvaticus* är även den musart som oftast verkar tas upp i studier om gnagare i europeiska åkermarker (Westerman *et al.* 2003b; a; Heroldová *et al.* 2007, 2008; Daedlow *et al.* 2012, 2014; Janova & Heroldova 2016).



Figur 3. *Apodemus sylvaticus* av Rasbank ([CC BY-SA 3.0](#))



Figur 4. *Microtus arvalis* av Dieter TD ([CC BY-SA 3.0](#))

Det finns få studier som tittat närmare på preferensen av just ogräsfrön i dieten bland gnagare. En studie i Storbritannien där mindre skogsmöss förseddes med radiohalsband visade att mindre skogsmöss undvek att söka föda i områden med mycket bar mark (Tew *et al.* 2000). De valde istället områden med hög abundans av ogräsarterna *Alopecurus myosuroides*, *Stellaria media*, *Avena fatua*, *Galium aparine* eller *Bromus sterilis*. Det är dock inte klart om mössen befann sig i områden med dessa växter på grund av tillgången på ogräsfrön eller de evertebrater som associeras till ogräsen (Tew *et al.* 2000). Vilka ogräs mössen valde varierade både utifrån mössens kön och månad (Tew *et al.* 2000). Det kan bero på hanar och honors olika fortplantningsstrategier och därmed olika behov av energi och näringsämnen (Tew & Macdonald 1994).

Vete visades vara den föredragna födan för möss när deras preferens av vete och korn undersöktes i labb (Heroldová *et al.* 2008). Vete har ett högre socker- och stärkelseinnehåll jämfört med korn medan både fibrer och råprotein är högre hos korn (Heroldová *et al.* 2008). Fibrer sänker smältbarheten hos födan, och det kan vara en viktig anledning till varför möss föredrar vete framför korn (Heroldová *et al.* 2008). Fiberhalten skulle därför även kunna ha en påverkan vid valet av ogräsfrön. Dessutom har vissa näringsämnen som fosfor, natrium och kalcium visats påverka födopreferenser hos gnagare (Stenseth *et al.* 1977; Hansson 1990). Födans innehåll av dessa ämnen behöver vara i balans för att tas väl tillvara av djuret. En hög koncentration av kalium i vissa växter kan reducera tillgängligheten och upptagandet av andra ämnen som natrium och magnesium (Robbins 1983). Heroldová *et al.* (2008) menar att en högre kaliumhalt i korn kan ha bidragit till att möss föredrar vete. Detta stärker teorin att innehåll av näringsämnen som finns i fröna kan vara en viktig faktor som påverkar fröpreferenserna hos gnagare.

Gnagare visade en tydlig preferens för de största fröna (6.94 mg) som de erbjöds i en studie där ogräspredatorers preferens för frön av olika storlek undersöktes (Mittelbach & Gross 1984). Även Westerman *et al.* (2003a) förväntade sig att vertebrater skulle föredra de större ogräsfröna så som *A. fatua* (2.1 mg), jämfört med evertebrater som förväntades välja mindre frön som de från *C. album* (0.7 mg) och *S. media* (0.4 mg). Liksom Tew *et al.* (2000) fann de dock att preferensen av ogräsfrön varierade mellan fält och ändrades över säsongen (Westerman *et al.* 2003a). Andra studier fann inte heller ett tydligt samband mellan fröstorleken eller näringsvärdet och preferensen för olika frön hos möss, men hävdar däremot att frön som är svåra att hantera på grund av skalets karaktär ofta väljs bort (Berl *et al.* 2017). Ogräspredatorer tenderar vara mindre kräsna i sitt val av föda under våren, när tillgången på frön är låg (Westerman *et al.* 2003a). Under sommaren när tillgången på ogräsfrön är högre beror valet av frö på dess smaklighet, näringsinnehåll och tillgängligheten i förhållande till andra frön (Westerman *et al.* 2003a).

2.3. Jordbruksmetoders påverkan på ogräspredation

2.3.1. Jordbearbetning

Generellt sett brukar fröätande organismer föredra ostörda fält (Hatten *et al.* 2007; Menalled *et al.* 2007; Trichard *et al.* 2013). Efter jordbearbetning blir ogräsfröna mer svåråtkomliga för predation (Hulme 1994), och det kan räcka med att fröna ligger på ett djup av 0.5-1 cm för att predationen från vissa evertebrater ska minska

(White *et al.* 2007). Även gnagares ogräspredation påverkas och sjunker med nästan 50% efter att frön begravts (Hulme 1998).

Jordbearbetning påverkar både distributionen av ogräsfrön och hur djupt de begravs i jorden (Kulkarni *et al.* 2015). I direktsådda fält kan ogräsfrön därför vara utsatta för relativt hög predation i och med att de lämnas fortsatt exponerade på markytan. Fält utsatta för intensiv jordbearbetning, till exempel med en vändskiveplog, kan orsaka en omfattande störning, förstöra skyddade habitat för flera leddjursarter, och därmed negativt påverka leddjurens biodiversitet (House & Parmelee 1985; Stinner *et al.* 1988). På grund av detta anser Sarabi (2019) att det är tydligt både teoretiskt och empiriskt att vissa riktlinjer för olika produktionsinriktningar och råd har en tydlig påverkan på ogräspredationen. Till exempel direktsådd eller att försena den första jordbearbetningen efter skörd, och på så sätt ge ogräspredatorer tid att konsumera nyligen spridda ogräsfrön innan de skyddas genom begravning (Sarabi 2019). Frön på jordytan kan dock gradvis begravas av naturliga orsaker såsom att ramla ner i jordsprickor samt genom regn- och vinderosion, och därför undgå predation ändå (Sarabi 2019).

Jordbearbetning påverkar mängden jordlöpare dels genom att den direkt dödar dem och därmed orsakar att jordlöparpopulationerna sjunker (Fadl *et al.* 1996). Indirekt påverkar jordbearbetning även mikroklimatet och habitatstrukturen (Stinner & House 1990). Förändringar i vegetation ger även skillnad i mikrohabitat genom faktorer så som fuktighet och graden av skydd från täckande växtlighet (Shearin *et al.* 2007). Effekten av jordbearbetning på jordlöparpopulationer kan variera mellan jordlöpararter. En av de viktigaste faktorerna för hur stor påverkan kommer bli är hur tidpunkten för jordbearbetning ligger i förhållande till när förekomsten av känsliga livsstadier hos jordlöpare inträffar (Kulkarni *et al.* 2015). *Pterostichus melanarius* fortplantar sig till exempel på hösten och övervintrar som larver i marken. Vårbruk kan därför påverka dess populationer negativt (Fadl *et al.* 1996). Hur en specifik insats kommer påverka en jordlöparart beror på om det finns tidsförskjutningar mellan jordbruksinsatser, fenologiska parametrar och arters karaktär, eller om de sker samtidigt (Kulkarni *et al.* 2015).

Möss kan ses i åkermarker året runt och dess populationer överlever både skörd och plöjning (Loman 1991; Tew & Macdonald 1993). Själva tröskningen har ingen större direkt påverkan på mössen, men avlägsnandet av det skydd som grödan erbjuder ökar predationstrycket på mössen kraftigt. Under första veckan efter skörd togs mer än hälften av mössen som utrustats med radiohalsband i Tew & Macdonald (1993) studie av predatorer så som vesslor och ugglor. Detta tillsammans med att möss lämnade fälten gav en minskning av populationen i åkermarken med 80%. Insatser efter skörd så som att bränna stubben ökade mortaliteten ytterligare (Tew

& Macdonald 1993). De tunnlar och förråd som mindre skogsmöss har i fälten förstörs inte av plöjning och mindre skogsmus kan därför hittas i brukade fält även under vintern (Loman 1991). Det finns ingen tydlig skillnad på andelen ogräspredation av vertebrater mellan plöjda och direktsådda fält (Baraibar *et al.* 2009).

Vilka redskap som används under jordbearbetningen kan avgöra hur mycket jorden störs och hur stor den slutliga effekten på ogräspredatorer blir, speciellt för populationer av jordlöpare (Kulkarni *et al.* 2015). En amerikansk studie där den direkta effekten av olika redskap undersöktes visade att störning av jorden och följande skador på fröätande jordlöpare var lägre när en alvkultivator användes under minimerad jordbearbetning, jämfört med störningen från en vändskiveplog (Shearin *et al.* 2007). En liknande studie rapporterar också att både fallfällfångsten av fröätande arter och andelen ogräspredation var högre i direktsådda fält än i konventionellt bearbetade fält (Menalled *et al.* 2007). I kontrast till detta rapporterar Cromar *et al.* (1999) att konsumtionen av ogräsfrön var högre i både fält som var direktsådda och fält plöjda med en vändskiveplog, jämfört med fält bearbetade med en alvkultivator. Det är därför inte bara typen av bearbetning som påverkar frökonsumtion utan även vilka redskap som används (Kulkarni *et al.* 2015).

Direktsådd skapar ostörda förhållanden som kan bibehålla en hög diversitet av leddjur (House & Parmelee 1985). Detta fastställer även en högre tillgång på byten i form av andra leddjur och därmed alternativa födoresurser för evertebratpredatorer så som jordlöpare, vilket i slutändan påverkar frökonsumtionsvanorna hos predatorer (Cardina *et al.* 1996). På grund av tillgängligheten av alternativa födokällor kan mängden ogräsfrön som konsumeras variera. I vissa fall kan intensiv jordbearbetning därför reducera tillgängligheten av födoresurser och en högre konsumtion av frön kan därmed uppmätas (Cromar *et al.* 1999). Ovanstående observationer visar att förhållandena mellan jordbearbetning, ogräspredatorers populationsdynamik och konsumtion av ogräsfrön är komplexa (Shearin *et al.* 2007).

2.3.2. Bekämpningsmedel

Användandet av insekticider har visats ha en negativ effekt på ogräspredationen och fallfällfångsten av jordlöpare (Trichard *et al.* 2013). Omnivora arter så som *P. melanarius* har visats bli påverkade av insekticidbehandlingar (Holland & Luff 2000), och är till exempel känsliga mot organofosfater såsom dimetoat (Holland *et al.* 2000). Även gnagare påverkas negativt av dimetoat (Dell’Omo *et al.* 2003). Vissa insekticider så som syntetiska pyretroider, vilka anses vara mindre toxiska för organismer de inte är ämnade för, har rapporterats ge toxiska och subletala effekter på jordlöpares lokomotion och motoriska aktivitet (Tooming *et al.* 2014).

Holland & Luff (2000) studie indikerar dock att effekterna av insekticidgivor kan vara kortvariga och att jordlöparpopulationer kan återhämta sig snabbt. En arts förmåga att återkolonisera åkermarker och återhämta sig från insekticidbesprutning beror på faktorer så som arters spridningsförmåga, tillgången på områden av skyddande vegetation och obehandlade buffertzoner (Holland & Luff 2000).

En studie där pesticiders påverkan på jordlöpare undersöktes på danska gårdar visade att reducerade doser av insekticider och herbicider kan underlätta bevarandet av jordlöpare (Navntoft *et al.* 2006). När lantbrukarna i studien använde insekticid- och herbiciddoser på 25% av den rekommenderade dosen var jordlöparaktiviteten 25% högre jämfört med vid full dos. Detta understryker hur viktigt det är att använda och dosera bekämpningsmedel med eftertanke i jordbruket då det påverkar bevarandet av nyttodjur så som ogräspredatorer och jordlöpare (Kulkarni *et al.* 2015).

Tidpunkten för besprutning av kemiska bekämpningsmedel, speciellt insekticider, är kritisk för bevarandet av jordlöparpopulationer (Kulkarni *et al.* 2015). Nattaktiva arter är till exempel mindre exponerade för insekticidbesprutning (Navntoft *et al.* 2006). Koordineringen av när adulta individer kommer fram och insekticidbesprutningen görs, avgör känsligheten hos adulterna för sådana behandlingar (Kulkarni *et al.* 2015). Arter som genomgår sin metamorfos på våren, till exempel *P. melanarius*, kommer fram ur pupporna vid en tidpunkt som sammanfaller med insekticidbehandling. Eftersom unga, tenerala adultar är känsligare för insekticider på grund av att deras exoskelett inte hårdnat än, kan dessa insekticidbehandlingar då ha en större effekt på populationen (Navntoft *et al.* 2006).

Besprutning med herbicider och fungicider har ofta få direkt skadliga effekter, men herbicidbesprutning påverkar ogräspredatorer indirekt genom att reducera tillgängligheten på föda och passande habitat (Brust 1990; Holland & Luff 2000). Tidigare studier visar inga akuta eller kroniskt toxiska effekter av att använda herbicider så som glyfosat på jordlöparfauna (Brust 1990). Dock så kan indirekta effekter av herbicider vara särskilt framträdande för strikt förätande jordlöpare som är beroende av ogräsfrön som föda. Förändringar i artsammansättning, ogräsets täthet och tillgången på frön påverkar jordlöparens förekomst i åkermarken (Holland & Luff 2000). Hur stor påverkan herbicider har beror på arternas habitatpreferenser. Arter som föredrar glesare habitat påverkas mindre av herbicidanvändning än arter som kräver tätare habitat (Holland & Luff 2000). Mindre jordlöpare som har tendens att gräva ner sig i marken har rapporterats bli mindre påverkade av herbicider jämfört med större jordlöpare (Brust 1990).

Herbicider som används inom jordbruk är i allmänhet mindre toxiska för däggdjur än andra pesticider, speciellt insekticider (Piementel 1971). Glyfosat anses till

exempel vara ogiftigt för gnagare (Freemark 1995). Vissa herbicider så som MCPA och 2,4-D har dock akut toxisk inverkan på däggdjur (Freemark 1995). Herbicider har även en indirekt påverkan på gnagare då de ändrar växtsammansättningen i fälten och därmed ändrar habitat och tillgången på föda (Pimentel 1971). För de flesta arter av mindre däggdjur minskar abundansen i fält till följd av besprutning med herbicider (Freemark 1995).

Negativa effekter från fungicider har noterats i form av reducerad diversitet av frätande jordlöpare vilket Shannon's diversitetsindex visar (Trichard *et al.* 2013). Detta index baseras på en kombination av artrikedomen och jämnheten i abundans mellan de olika arterna av jordlöpare. Dock fanns inga signifikanta samband mellan användandet av fungicider och jordlöparens ogräspredation i fält (Trichard *et al.* 2013), och liten eller ingen mortalitet till följd av fungicider har visats hos flera arter av jordlöpare i labb (Mullin *et al.* 2005). Enligt Kulkarni *et al.* (2015) är det få studier som har försökt förstå dessa effekter. Det är omfattningen av den lokala användningen av kemiska bekämpningsmedel på en plats som avgör påverkan på ogräspredationen av jordlöpare där. Därmed är det rimligt att den observerade förlusten av ogräsfrön till följd av ogräspredation av jordlöpare blir större vid ekologisk produktion (Diekötter *et al.* 2010).

Huruvida ekologiska odlingar har en större mångfald av jordlöpare varierar mellan olika studier. Vissa menar att det inte är någon skillnad i artrikedomen av jordlöpare mellan ekologiska och konventionella åkrar (Winqvist *et al.* 2011), eller att artrikedomen är högre i konventionella fält (Weibull *et al.* 2003). Döring & Kromp (2003) menar dock att ekologiska odlingar har större mångfald bland sina frätarsamhällen, vilket delvis kan bero på att ekologiska gårdar brukar ha högre ogräsdensitet (Bårberi *et al.* 1998). Ekologiska fält i Tyskland har en fallfällfångst av jordlöpare som är 3.5 gånger högre än konventionella fält (Diekötter *et al.* 2016). Enligt Diekötter *et al.* (2016) ökade ogräspredationen med kroppsstorleken hos jordlöpare, och drar därför slutsatsen att eftersom både individantalet och den intraspecifika kroppsstorleken i genomsnitt var högre i ekologiska fält, så bör även ogräspredationen ha varit högre. I och med att ekologiska producenter inte använder sig av kemiska bekämpningsmedel framtagna för konventionell odling, kan det vara av vikt att hålla nere antalet ogräsfrön i markens fröbank för att reducera ogrästrycket på dessa gårdar. Det kan underlättas av att man i denna typ av odling främjar en god diversitet av insekter (Lundgren 2009).

2.3.3. Grödval, växtföljd och habitat

Jordlöparpopulationer ökar i diversifierade odlingssystem på grund av ökad immigration in i fälten, längre uppehållstid i fält och minskad emigration från fält

med samodling (Kulkarni *et al.* 2015). Tidigare studier drar slutsatsen att en täckgröda och dess rester kan ha positiva effekter på predatorsamhällen (Speight & Lawton 1976; Carmona & Landis 1999). Detta för att det skapar ett gynnsamt mikrohabitat som skyddar predatorerna från extrema klimatförhållanden och förser dem med bättre födoresurser (Speight & Lawton 1976; Carmona & Landis 1999). Vissa arter av jordlöpare, såsom *Bembidion spp.*, är xerofila och föredrar torra marker med gles vegetation (Hummel *et al.* 2012), medan andra arter är hygrofila, som till exempel *P. melanarius*, som föredrar en tät vegetation och de kan därför dra nytta av täckgrödor så som klöver (*Trifolium spp.*) (Kulkarni *et al.* 2015). I en studie i Pennsylvania fann man att fallfällfångsten av två viktiga fröätande jordlöpararter var högre i en växtföljd med täckgrödor jämfört med en odlingsföljd bestående av sojaböna och vall (Ward *et al.* 2011). Även Navntoft *et al.* (2009) fann att användandet av täckgrödor ökade ogräspredationen hos flertalet predatorer. Vegetationstäckan bidrar inte bara med ett gynnsamt mikroklimat för naturliga fiender, utan främjar även ogräspredation (Blubaugh *et al.* 2016). Att använda täckgrödor kan därför gynna ekosystemtjänster som ogräspredation (Sarabi 2019).

En grödas täckningsgrad varierar med dess fenologi, vilket i sin tur påverkar populationer av fröätande arter och ogräspredationen i fält (Heggenstaller *et al.* 2006; Westerman *et al.* 2011). En större förlust av ogräsfrön har till exempel påvisats i grödor som mognar sent såsom sockerbeta (*Beta vulgaris*), än hos spannmål som mognar tidigt (Westerman *et al.* 2011). Detta har man sett genom att fallfällfångst av granivora jordlöpararter är hög sent i säsongen i fält med sockerbetar som utgör en vältäckande gröda jämfört med spannmål, samt att tidsperioden rymmer ett stort tidsöverskott mellan jordlöparens aktivitet och mängden frön som släpps från ogräs (Kulkarni *et al.* 2015). En större variation av grödor i växtföljder som innehåller grödor som skiljer sig åt fenologiskt, kan därför bidra med en längre period för fröätande jordlöpare att konsumera ogräsfrön (Kulkarni *et al.* 2015).

Val av gröda har en signifikant effekt på förlusten av ogräsfrön och fallfällfångsten av evertebrata ogräspredatorer (Fox *et al.* 2013). Flera studier har visat att avlägsnandet av ogräsfrön och fallfällfångsten av evertebrata ogräspredatorer var lägre efter skörd i majs-fält än i fält med sojaböna eller vall (Heggenstaller *et al.* 2006; Meiss *et al.* 2010). I en växtföljd kan fröförlusten variera mellan åren till följd av grädval, grödans liggtid och ogräs associerade med specifika grödor (Kulkarni *et al.* 2015). Till exempel, i en växtföljd med majs-sojarrågvete med insädd av alfalfa i USA var förlusten av frön från lindmalva (*Abutilon theophrasti*) till följd av jordlöpare 40% i sojabönan men bara 27% i de andra grödorna på grund av andra ogräsarter och utvecklingsfaser hos grödan (Westerman *et al.* 2005). Utbredningen av gnagare i jordbrukslandskap påverkas av individuella arters födopreferenser, och därmed beror utbredningen av gnagare på vilka grödor

som odlas. Granivora möss föredrar tydligt vete framför korn vilket även stämmer överens med att abundansen av möss är högre i vetefält än i kornfält (Heroldová *et al.* 2008) Gnagare föredrar både vete och kornfält framför rapsfält (Macdonald *et al.* 1999; Todd *et al.* 2000).

Att lämna kvar en större andel skörderester kan leda till en ökad ogräspredation jämfört med fält där större mängder av resterna tas bort (Heggenstaller *et al.* 2006). Andelen vegetation som blir kvar är av större vikt än typen av gröda för ogräspredatorer (Meiss *et al.* 2010), och variabler så som vegetationens höjd och täckningsgrad har signifikanta samband med ogräspredation (Pufal & Klein 2013).

Skötsel av habitat anses i allmänhet vara viktigt för bevarandet av stabila populationer av insekter och naturliga fiender (Sarabi 2019). När permanent vegetation som gett skydd och födoresurser avlägsnas kan ogräspredatorers spridningsmönster och intensiteten på ogräspredationen påverkas negativt (Pollard & Relton 1970; Bilenca *et al.* 2007). Större diversitet, artrikedom och antal av mindre skogsmus (*Apodemus sylvaticus*) och fältsork (*Microtus arvalis*) observerades i vall och grödor som erbjöd ett långsiktigt vegetationstäckande (Janova & Heroldová 2016). Janova & Heroldová (2016) fann även att skiften med vall kan spela en viktig roll i att minska den negativa påverkan gnagare kan ha på andra grödor i jordbrukslandskap med intensiv produktion, då de ger mer gynnsamma habitat för mindre däggdjur året om. På lokalnivå ökade täta grödbestånd antalet sorkar och därmed även skadan på grödan (Fischer *et al.* 2018). Buskage eller annan vegetation längs ytterkanterna på åkern påverkar ogräspredationen eftersom de flesta ogräspredatorerna behöver habitat som inte är brukad mark någon gång under deras livscykel (Pollard & Relton 1970). Perenna habitat har bättre struktur och högre diversitet och bidrar med stabil resurstillgång, vilket gör det möjligt för evertetratsamhällen att etableras i åkermark med tiden (Bianchi *et al.* 2006). Skötsel och bevarandet av sådana ytor därför kan öka ogräspredationen i fält (Menalled *et al.* 2000). Westerman *et al.* (2003a) fann dock inga tecken på att varken vertebraters eller evertetraters predation på ogräsfrön påverkades av deras avstånd till fältens åkerkanter.

Enligt vissa studier finns det en risk att ogräspredationen minskar i enkla jordbrukslandskap då komplexa landskap med habitat som passar många arter gynnar biodiversiteten (Sarabi 2019). Andra studier fann dock att predation på jordlöpare av deras fiender hade större möjlighet att negativt påverka ogräspredationen i komplexa habitat jämfört med enklare habitat (Birthisel *et al.* 2014). Effekterna från ett komplext habitat är specifika för platsen och kan variera från att ha en hög effekt till att inte ha någon påverkan alls på ogräspredationen (Winqvist *et al.* 2011). En svensk studie fann att komplexa habitat inte främjade

varken jordlöpare eller påverkade mängden frön som konsumerades. Istället var båda högre i enklare landskap med en större andel åkermark (Jonason *et al.* 2013).

3. Diskussion och slutsatser

Utifrån tillgänglig litteratur är det tydligt att ogräspredation kan reglera ogräspopulationer i åkermarker, och att skördeförlusten som ogräs orsakar bör kunna reduceras genom naturliga fiender så som ogräspredatorer. Det är dock även viktigt att diskutera de ekosystem-otjänster som ogräspredatorer kan orsaka. Vertebrater kan bidra avsevärt till både ekosystemtjänster och så kallade otjänster (Tschumi *et al.* 2018). Fischer *et al.* (2017) visade till exempel att sorkar i spannmålsfält var den huvudsakliga predatoren av frön från grödor men inte ogräsfrön, och att den dagliga förlusten av frön från grödor till följd av gnagares predation var tre gånger så hög som deras ogräspredation. Tschumi *et al.* (2018) fick lägre siffror och kom fram till att förhållandet mellan små däggdjurs ogräspredation och deras predation av grödors frön var 1:1.7. Även om väsentliga skador på grödan till följd av predation har observerats i vissa fall (Brown *et al.* 2007; Zhang *et al.* 2007), är dessa effekter ofta diffusa och påverkan på avkastningen har sällan kvantifierats (Tschumi *et al.* 2018). Trots dessa eventuella skador på grödan anses en satsning på ogräspredation vara en relativt säker metod för ogräsbekämpning (Menalled *et al.* 2007; Fischer *et al.* 2018). Bohan *et al.* (2011) anser att effekten av jordlöpare kan tillämpas tillsammans med, eller till och med istället för herbicider, i optimerade IPM-systems ogräsbekämpning.

Något som talar för att åtminstone jordlöpare som konsumerar frön på marken inte borde bidra med allt för stora skador genom predation på grödors frön är storleksskillnaden på frön från ogräs och grödors frön. De flesta frön från annuella grödor är upp till tre gånger så stora som ogräsfrön (Mohler 1996). Eftersom jordlöpare tenderar att lämna de större ogräsfröna (Gaba *et al.* 2019), borde de även avstå från de ännu större fröna från grödor. Detta stärker ovanstående resonemang om möjligheterna att tillämpa jordlöparens ogräspredationsförmåga

Väljer man som lantbrukare att satsa på ogräspredation är det lönt att först skaffa sig en bild av vilka ogräsarter som orsakar problem och vilka arter av ogräspredatorer som finns i sina åkermarker. Eftersom ogräspredation inte verkar reglera alla typer av ogräs effektivt (Bohan *et al.* 2011; Petit *et al.* 2014), gäller det att de ogräspredatorer som konsumerar frön från de ogräspopulationer som ska regleras finns i fälten. Skulle man till exempel ha problem med *G. aparine* kommer jordlöparens ogräspredation troligtvis inte bidra till att reglera ogräspopulationen.

Att ha en hög diversitet av ogräspredatorer från olika taxa, med olika kroppsstorlekar och metaboliska krav och därmed olika fröpreferenser, vore därför att föredra. Detta för att möjliggöra en ogräspredation som omfattar fler typer av ogräs.

Det verkar finnas en brist av studier som undersöker möss preferenser av specifika ogräsfrön. Även om det finns flera studier som tittar på matpreferenser hos möss skulle det behövas fler studier så som de av Saska *et al.* (2019) och Gaba *et al.* (2019) där enbart preferenser för olika ogräsarter jämförs. Detta för att få en bättre bild av vilka ogräs gnagare har möjlighet att effektivt reglera.

I all tillgänglig litteratur för den här studien faller åtgärderna inom ramen för bevarande biologisk bekämpning. Något som inte verkar ha undersökts är om det eventuellt skulle finnas en möjlighet att i praktiken använda tillsättande eller klassisk biologisk bekämpning. Att införa nya arter i ett ekosystem medför risker, och det är därför betydligt vanligare med den här typen av biologisk bekämpning i slutna system så som växthus (*Biologisk bekämpning* u.å.). Att gnagare och jordlöpare är så pass generalistiska gör att det skulle vara svårt att få till en riktad bekämpning som inte riskerar att direkt påverka andra delar av ekosystemet. Jordlöpare kan också vara svåra att odla och används idag inte för biologisk bekämpning av skadedjur i Europa (Grousset 2019). Det skulle nog därför inte vara realistiskt med andra former av biologisk bekämpning än just bevarande biologisk bekämpning för dessa ogräspredatorer.

Enligt litteraturen verkar direktsådd vara att föredra för ogräspredation. Ogräspredatorer föredrar generellt ostörda fält och direktsådd skapar ostörda förhållanden som därför kan ha en hög diversitet av ogräspredatorer (House & Parmelee 1985). Detta eftersom jordbearbetning både direkt dödar ogräspredatorer och påverkar ogräspredatorers habitat negativt genom att ta bort skyddande vegetation (Stinner & House; Fadl *et al.* 1996). Mängden skörderester som lämnas har visats vara en viktig faktor som påverkar ogräspredationen (Meiss *et al.* 2010). Plöjning förstör dock inte möss tunnlar i åkermarker och det verkar inte finnas någon tydlig skillnad mellan vertebraters ogräspredation i direktsådda eller plöjda fält (Loman 1991; Baraibar *et al.* 2009). Domineras ogräspredationen av gnagare har direktsådd därför kanske inte samma positiva effekter på ogräspredationen som det skulle ha om jordlöpare var de huvudsakliga ogräspredatorerna. Det finns dessutom i vissa fall risk för att ogräspredationen minskar i direktsådda odlingssystem. Eftersom direktsådd skapar en högre biodiversitet finns det fler alternativa födoresurser i form av andra leddjur, vilket innebär att ogräspredationen kan minska på grund av att både jordlöpare och möss väljer annan föda än ogräsfrön (Cardina *et al.* 1996).

Vid jordbearbetning verkar även valet av redskap och tidpunkten för bearbetningen påverka ogräspredationen från åtminstone jordlöpare. Vilka typer av jordbearbetningsredskap som har lägst negativ påverkan på ogräspredationen varierar dock mellan olika studier (Cromar *et al.* 1999; Kulkarni *et al.* 2015). Har man ett odlingssystem med jordbearbetning kan det vara värt att tänka över tidpunkten för bearbetningen. Detta både för att försöka undvika livsstadier där ogräspredatorer är extra känsliga och för att förlänga perioden som ogräsfrön ligger exponerade genom att senarelägga den första jordbearbetningen efter skörd (Sarabi 2019). Hur stor påverkan eventuell jordbearbetning har, och vilka aspekter av jordbearbetningen som har effekt på ogräspredationen beror på vilka arter av ogräspredatorer som är aktuella i just de åkermarkerna. Förhållandena mellan jordbearbetning, ogräspredatorers populationsdynamik och konsumtion av ogräsfrön är komplexa (Shearin *et al.* 2007) och det är därför viktigt även här med god kunskap om de arter och förhållanden som gäller på specifika fält.

Även om ogräspredation sker i både ekologiskt och konventionellt brukade åkermarker påverkas ogräspredationen negativt av användandet av kemiska bekämpningsmedel (Freemark 1995; Holland & Luff 2000; Trichard *et al.* 2013). Eftersom pesticider har både en direkt och indirekt påverkan på ogräspopulationer så kan en minskad användning av kemiska bekämpningsmedel vara ett sätt att gynna ogräspredationen. Även om man inte avstår från bekämpningsmedel helt kan det vara en bra idé att om möjligt reducera doserna för att på så sätt reducera de negativa effekterna på jordlöparpopulationer (Navntoft *et al.* 2006). Precis som med jordbearbetning spelar även tidpunkten för behandlingar med kemiska bekämpningsmedel roll för hur stor påverkan de har för ogräspredationen, så att planera dessa i tid kan ha betydelse.

Kulkarni *et al.* (2015) tar upp hur viktigt det är att använda och dosera bekämpningsmedel med eftertanke i jordbruket just för att det påverkar populationerna av nyttodjur. En viktig del av IPM är att tänka över sitt användande av pesticider och att bara behandla med kemiska bekämpningsmedel när det är väl motiverat (*Växtskyddsåtgärder* 2020). Har man ett odlingssystem där kemiska bekämpningsmedel används borde därför steget till att tänka på eventuella ogräspredatorer inte vara stort.

Vilka insatser och åtgärder som ska göras för att gynna ogräspredation är en komplex fråga. Det är många faktorer som spelar in och vissa är svåra att kombinera. Det verkar till exempel vara bra med direktsådd, men i odlingssystem med direktsådd är det vanligare med kemiska bekämpningsmedel då man inte bekämpar ogräs genom jordbearbetning. Det kan därför vara mer aktuellt att vidta åtgärder så som att installera skalbaggsåsar och kantzoner med perenn vegetation i dessa odlingssystem.

Att det finns perenna habitat i anslutning till åkermarker är viktigt för bevarandet av nyttodjur som ogräspredatorer eftersom de flesta arter någon gång under deras livscykel är i behov av habitat som inte är brukad mark (Pollard & Relton 1970). Obrukade habitat hjälper även ogräspredatorer att återkolonisera åkermarker efter pesticidbehandlingar och andra störningar (Holland & Luff 2000). Jordlöpare som naturliga fiender till skadeinsekter så som bladlöss är redan accepterat och information samt riktlinjer för att stötta anläggandet av skalbaggsåsar och liknande tekniker för att bibehålla skalbaggar är lättillgängliga (Haldén 2015). Detta innebär att jordlöpare som ogräspredatorer redan passar in i ett fungerande ramverk för åkerbruk i Europa, och kan vara en bidragande del i IPM för att minska på herbicidanvändningen (Bohan *et al.* 2011).

Tillgång till skyddande vegetation är något som återkommer flera gånger när ogräspredation diskuteras och har visats vara en viktig faktor för att ogräspredatorer ska trivas i fält. Jordbearbetning, herbicider och val av gröda påverkar alla mängden vegetation som finns på fälten och har därmed en indirekt påverkan på ogräspredatorer. Vilka grödor som odlas spelar även en roll för ogräspredationen då olika taxa av ogräspredatorer verkar föredra vissa grödor framför andra. Dels på grund av preferens för grödans frön som i fallet för möss och vete, men även på grund av vilka ogräsarter som trivs i de grödorna.

Ogräspredation från både jordlöpare och gnagare har potential att bli en viktig del i bekämpningen av ogräs i åkermarker. För att få en välfungerande och lönsam produktion är det mycket som behöver tas i åtanke. Odlingssystem som är helt optimerade efter ogräspredation är därför kanske inte aktuellt eftersom vissa främjande åtgärder är svåra att kombinera. För de allra flesta odlingssystem finns det dock alltid något som kan göras för att främja ogräspredationen. Om man som lantbrukare redan följer riktlinjerna för IPM bör främjandet av ogräspredation passa in i den befintliga verksamheten.

För att i framtiden få en tydligare bild av gnagares och jordlöpars ogräspredation behövs det förutom mer information kring möss fröpreferenser av ogräs även fler studier som undersöker jordlöparlarvers roll i ogräspredation. Larver från flera släkten av jordlöpare har visats konsumera frön (Toft & Jørgensen 1997; Saska 2005; Kulkarni *et al.* 2015), och i vissa fall i samma mängd eller till och med mer än adulta individer (Klimeš & Saska 2010). För att få en komplett förståelse för jordlöpars potential till ogräspredation behövs därför studier som undersöker larvers möjliga bidrag till ogräspredation i fält.

Referenser

- Baraibar, B., Daedlow, D., De Mol, F. & Gerowitt, B. (2012). Density dependence of weed seed predation by invertebrates and vertebrates in winter wheat: Density-dependent weed seed predation. *Weed Research*, vol. 52 (1), ss. 79–87. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2011.00889.x>
- Baraibar, B., Westerman, P.R., Carrión, E. & Recasens, J. (2009). Effects of tillage and irrigation in cereal fields on weed seed removal by seed predators. *Journal of Applied Ecology*, vol. 46 (2), ss. 380–387. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01614.x>
- Bàrberi, Cozzani, Macchia & Bonari (1998). Size and composition of the weed seedbank under different management systems for continuous maize crop. *Weed Research*, vol. 38 (5), ss. 319–334. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.1998.00098.x>
- Berl, J.L., Johnstone, H.A., Wu, J.Y., Flaherty, E.A. & Swihart, R.K. (2017). Winter Preference for Weed Seed and Waste Grain by Native Mice in Row-Crop Agriculture. *Weed Science*, vol. 65 (3), ss. 406–412. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-16-00100.1>
- Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H. & Tscharntke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 273 (1595), ss. 1715–1727. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530>
- Bilenca, D.N., González-Fischer, C.M., Teta, P. & Zamero, M. (2007). Agricultural intensification and small mammal assemblages in agroecosystems of the Rolling Pampas, central Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 121 (4), ss. 371–375. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.11.014>
- Biologisk bekämpning* (u.å.). *Säkert växtskydd*. Tillgänglig: <https://www.sakertvaxtskydd.se/hantering/fore/biologisk-bekampning/> [2020-05-15]
- Birthisel, S.K., Gallandt, E.R. & Jabbour, R. (2014). Habitat effects on second-order predation of the seed predator *Harpalus rufipes* and implications for weed seedbank management. *Biological Control*, vol. 70, ss. 65–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.12.004>

- Blubaugh, C.K., Hagler, J.R., Machtley, S.A. & Kaplan, I. (2016). Cover crops increase foraging activity of omnivorous predators in seed patches and facilitate weed biological control. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 231, ss. 264–270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.045>
- Bohan, D.A., Boursault, A., Brooks, D.R. & Petit, S. (2011). National-scale regulation of the weed seedbank by carabid predators: Carabid seed predation. *Journal of Applied Ecology*, vol. 48 (4), ss. 888–898. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02008.x>
- Brown, P.R., Huth, N.I., Banks, P.B. & Singleton, G.R. (2007). Relationship between abundance of rodents and damage to agricultural crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 120 (2–4), ss. 405–415. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.10.016>
- Brust, G.E. (1990). Direct and indirect effects of four herbicides on the activity of carabid beetles (coleoptera: Carabidae). *Pesticide Science*, vol. 30 (3), ss. 309–320. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.2780300308>
- Carbonne, B., Bohan, D.A. & Petit, S. (2020). Key carabid species drive spring weed seed predation of *Viola arvensis*. *Biological Control*, vol. 141, s. 104148. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104148>
- Cardina, J. & Norquay, H.M. (1997). Seed production and seedbank dynamics in subthreshold velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) populations. *Weed Science*, vol. 45 (1), ss. 85–90. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043174500092511>
- Cardina, J., Norquay, H.M., Stinner, B.R. & McCartney, D.A. (1996). Postdispersal Predation of Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) Seeds. *Weed Science*, vol. 44 (3), ss. 534–539. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043174500094297>
- Carmona, D.M. & Landis, D.A. (1999). Influence of Refuge Habitats and Cover Crops on Seasonal Activity-Density of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Field Crops. *Environmental Entomology*, vol. 28 (6), ss. 1145–1153. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/28.6.1145>
- Cole, L.J., McCracken, D.I., Dennis, P., Downie, I.S., Griffin, A.L., Foster, G.N., Murphy, K.J. & Waterhouse, T. (2002). Relationships between agricultural management and ecological groups of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) on Scottish farmland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 93 (1–3), ss. 323–336. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00333-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00333-4)
- Cousens, R. & Moss, S.R. (1990). A model of the effects of cultivation on the vertical distribution of weed seeds within the soil. *Weed Research*, vol. 30 (1), ss. 61–70. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1990.tb01688.x>
- Cromar, H.E., Murphy, S.D. & Swanton, C.J. (1999). Influence of tillage and crop residue on postdispersal predation of weed seeds. *Weed Science*, vol. 47 (2), ss. 184–194. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043174500091608>

- Daedlow, D., Sommer, T. & Westermann, P.R. (2012). Weed seed predation in organic and conventional cereal fields. *Julius-Kühn-Archiv*; 434 (1); 265–271, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Quedlinburg. DOI: <https://doi.org/10.5073/JKA.2012.434.033>
- Daedlow, D., Westerman, P.R., Baraibar, B., Roupael, S. & Gerowitt, B. (2014). Weed seed predation rate in cereals as a function of seed density and patch size, under high predation pressure by rodents. (Liebman, M., red.) *Weed Research*, vol. 54 (2), ss. 186–195. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12066>
- Délye, C., Jasieniuk, M. & Le Corre, V. (2013). Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. *Trends in Genetics*, vol. 29 (11), ss. 649–658. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tig.2013.06.001>
- Deroulers, P. & Bretagnolle, V. (2019). The consumption pattern of 28 species of carabid beetles (Carabidae) to a weed seed, *Viola arvensis*. *Bulletin of Entomological Research*, vol. 109 (2), ss. 229–235. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485318000457>
- Diekötter, T., Wamser, S., Dörner, T., Wolters, V. & Birkhofer, K. (2016). Organic farming affects the potential of a granivorous carabid beetle to control arable weeds at local and landscape scales: Landscape-dependent biological arable weed control. *Agricultural and Forest Entomology*, vol. 18 (2), ss. 167–173. DOI: <https://doi.org/10.1111/afe.12150>
- Diekötter, T., Wamser, S., Wolters, V. & Birkhofer, K. (2010). Landscape and management effects on structure and function of soil arthropod communities in winter wheat. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 137 (1–2), ss. 108–112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.01.008>
- Ehler, L.E. (2006). Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. *Pest Management Science*, vol. 62 (9), ss. 787–789. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1247>
- Ehrlén, J., Sverige & Naturvårdsverket (2011). *Tillämpning av populationsekologisk teori i åtgärdsprogram för hotade kärlväxter*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Eilenberg, J., Hajek, A. & Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. s. 14
- Fadl, A., Purvis, G. & Towey, K. (1996). The effect of time of soil cultivation on the incidence of *Pterostichus melanarius* (Illig.) (Coleoptera: Carabidae) in arable land in Ireland. *Finnish Zoological and Botanical Publishing Board*, vol. 33 (1), s. 9
- Fenner, M. (1985). Predispersal hazards. I: Fenner, M. (red.) *Seed Ecology*. Dordrecht: Springer Netherlands, ss. 24–37.
- Firbank, L.G. & Watkinson, A.R. (1986). Modelling the Population Dynamics of an Arable Weed and Its Effects Upon Crop Yield. *The Journal of Applied Ecology*, vol. 23 (1), s. 147. DOI: <https://doi.org/10.2307/2403088>

- Fischer, C., Gayer, C., Kurucz, K., Riesch, F., Tschardtke, T. & Batáry, P. (2018). Ecosystem services and disservices provided by small rodents in arable fields: Effects of local and landscape management. (Rhodes, J., red.) *Journal of Applied Ecology*, vol. 55 (2), ss. 548–558. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13016>
- Fox, A.F., Reberg-Horton, S.C., Orr, D.B., Moorman, C.E. & Frank, S.D. (2013). Crop and field border effects on weed seed predation in the southeastern U.S. coastal plain. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 177, ss. 58–62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.06.006>
- Freemark, K. (1995). Impacts of agricultural herbicide use on terrestrial wildlife in temperate landscapes: A review with special reference to North America. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 52 (2–3), ss. 67–91. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(94\)00534-L](https://doi.org/10.1016/0167-8809(94)00534-L)
- Frei, B., Guenay, Y., Bohan, D.A., Traugott, M. & Wallinger, C. (2019). Molecular analysis indicates high levels of carabid weed seed consumption in cereal fields across Central Europe. *Journal of Pest Science*, vol. 92 (3), ss. 935–942. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01109-5>
- Gaba, S., Deroulers, P., Bretagnolle, F. & Bretagnolle, V. (2019). Lipid content drives weed seed consumption by ground beetles (*Coleoptera*, *Carabidae*) within the smallest seeds. (Moonen, A., red.) *Weed Research*, vol. 59 (3), ss. 170–179. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12354>
- Gaines, H.R. & Gratton, C. (2010). Seed predation increases with ground beetle diversity in a Wisconsin (USA) potato agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 137 (3–4), ss. 329–336. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.03.003>
- Grousset, F. (2019). EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION. s. 38
- Haldén, P. (2015). *Så anlägger du en skalbaggsås. Jordbruksverket*. Tillgänglig: https://www2.jordbruksverket.se/download/18.36c7d5e814b824d792628f21/1423836068658/jo15_1.pdf [2020-05-20]
- Hansson, L. (1990). Mineral Selection in Microtine Populations. *Oikos*, vol. 59 (2), s. 213. DOI: <https://doi.org/10.2307/3545537>
- Harrison, S.K., Regnier, E.E. & Schmoll, J.T. (2003). Postdispersal predation of giant ragweed (*Ambrosia trifida*) seed in no-tillage corn. *Weed Science*, vol. 51 (6), ss. 955–964. DOI: <https://doi.org/10.1614/P2002-110>
- Hatten, T.D., Rez, N.A.B.-P., Labonte, J.R., Guy, S.O. & Eigenbrode, S.D. (2007). Effects of Tillage on the Activity Density and Biological Diversity of Carabid Beetles in Spring and Winter Crops. *ENVIRONMENTAL ENTOMOLOGY*, vol. 36 (2), s. 13
- Heap, I. (2020-05-17). *The International Herbicide-Resistant Weed Database*. Tillgänglig: <http://weedscience.org/Home.aspx> [2020-05-17]
- Heggenstaller, A.H., Menalled, F.D., Liebman, M. & Westerman, P.R. (2006). Seasonal patterns in post-dispersal seed predation of *Abutilon theophrasti*

- and *Setaria faberi* in three cropping systems: *Cropping system effects on weed seed predation*. *Journal of Applied Ecology*, vol. 43 (5), ss. 999–1010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01198.x>
- Hengeveld, R. (1980). Polyphagy, Oligophagy and Food specialization in Ground beetles (Coleoptera, Carabidae). *Netherlands Journal of Zoology*, vol. 30 (4), ss. 564–584
- Heredia, A. & Detrain, C. (2005). Influence of seed size and seed nature on recruitment in the polymorphic harvester ant *Messor barbarus*. *Behavioural Processes*, vol. 70 (3), ss. 289–300. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2005.08.001>
- Heroldová, M., Bryja, J., Zejda, J. & Tkadlec, E. (2007). Structure and diversity of small mammal communities in agriculture landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 120 (2–4), ss. 206–210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.09.007>
- Heroldová, M., Tkadlec, E., Bryja, J. & Zejda, J. (2008). Wheat or barley? *Applied Animal Behaviour Science*, vol. 110 (3–4), ss. 354–362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.05.008>
- Holland, J.M. & Luff, M.L. (2000). The Effects of Agricultural Practices on Carabidae in Temperate Agroecosystems. s. 21
- Holland, J.M., Winder, L. & Perry, J.N. (2000). The impact of dimethoate on the spatial distribution of beneficial arthropods in winter wheat. *Annals of Applied Biology*, vol. 136 (2), ss. 93–105. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00013.x>
- Honek, A., Martinkova, Z. & Jarosik, V. (2003). Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *European Journal of Entomology*, vol. 100 (4), ss. 531–544. DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2003.081>
- Honek, A., Martinkova, Z., Saska, P. & Pekar, S. (2007). Size and taxonomic constraints determine the seed preferences of Carabidae (Coleoptera). *Basic and Applied Ecology*, vol. 8 (4), ss. 343–353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2006.07.002>
- Honek, A., Saska, P. & Martinkova, Z. (2006). Seasonal variation in seed predation by adult carabid beetles. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, vol. 118 (2), ss. 157–162. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00376.x>
- House, G.J. & Parmelee, R.W. (1985). Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems. *Soil and Tillage Research*, vol. 5 (4), ss. 351–360. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(85\)80003-9](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(85)80003-9)
- Hulme, P.E. (1994). Post-Dispersal Seed Predation in Grassland: Its Magnitude and Sources of Variation. *The Journal of Ecology*, vol. 82 (3), s. 645. DOI: <https://doi.org/10.2307/2261271>
- Hulme, P.E. (1998). Post-dispersal seed predation and seed bank persistence. *Cambridge University Press*, vol. 8 (4), ss. 513–519

- Hummel, J.D., Dosdall, L.M., Clayton, G.W., Harker, K.N. & O'Donovan, J.T. (2012). Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae) Diversity, Activity Density, and Community Structure in a Diversified Agroecosystem. *Environmental Entomology*, vol. 41 (1), ss. 72–80. DOI: <https://doi.org/10.1603/EN11072>
- Janova, E. & Heroldova, M. (2016). Response of small mammals to variable agricultural landscapes in Central Europe. *Mammalian Biology*, vol. 81 (5), ss. 488–493. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2016.06.004>
- Jonason, D., Smith, H.G., Bengtsson, J. & Birkhofer, K. (2013). Landscape simplification promotes weed seed predation by carabid beetles (Coleoptera: Carabidae). *Landscape Ecology*, vol. 28 (3), ss. 487–494. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9848-2>
- Klimeš, P. & Saska, P. (2010). Larval and adult seed consumption affected by the degree of food specialization in *Amara* (Coleoptera: Carabidae): Seed consumption in *Amara*. *Journal of Applied Entomology*, vol. 134 (8), ss. 659–666. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01463.x>
- Kulkarni, S.S., Dosdall, L.M. & Willenborg, C.J. (2015). The Role of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Weed Seed Consumption: A Review. *Weed Science*, vol. 63 (2), ss. 355–376. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00067.1>
- van der Laat, R., Owen, M.D.K., Liebman, M. & Leon, R.G. (2015). Postdispersal Weed Seed Predation and Invertebrate Activity Density in Three Tillage Regimes. *Weed Science*, vol. 63 (4), ss. 828–838. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-15-00030.1>
- Leguizamón, E.S. & Roberts, H.A. (1982). Seed production by an arable weed community. *Weed Research*, vol. 22 (1), ss. 35–39. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1982.tb00141.x>
- Loman, J. (1991). The small mammal fauna in agricultural landscape in southern Sweden, with special reference to the wood mouse *Apodemus sylvaticus*. *De Gruyter*, vol. 55 (1)
- Lundgren, J.G. (2009). *Relationships of Natural Enemies and Non-Prey Foods*. Springer Science + Business Media B.V. (Progress in Biological Control; 7)
- Mauchline, A.L., Watson, S.J., Brown, V.K. & Froud-Williams, R.J. (2005). Post-dispersal seed predation of non-target weeds in arable crops. *Weed Research*, vol. 45 (2), ss. 157–164. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2004.00443.x>
- Medd, R.W. & Ridings, H.I. (1989). Relevance of Seed Kill for the Control of Annual Grass Weeds in Crops. *Proceedings of the VII International Symposium on the Biological Control of Weeds*, ss. 645–650
- Meiss, H., Le Lagadec, L., Munier-Jolain, N., Waldhardt, R. & Petit, S. (2010). Weed seed predation increases with vegetation cover in perennial forage crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 138 (1–2), ss. 10–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.03.009>

- Menalled, F.D., Marino, P.C., Renner, K.A. & Landis, D.A. (2000). Post-dispersal weed seed predation in Michigan crop fields as a function of agricultural landscape structure. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 77 (3), ss. 193–202. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00083-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00083-3)
- Menalled, F.D., Smith, R.G., Dauer, J.T. & Fox, T.B. (2007). Impact of agricultural management on carabid communities and weed seed predation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 118 (1–4), ss. 49–54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.04.011>
- Mittelbach, G.G. & Gross, K.L. (1984). Experimental studies of seed predation in old-fields. *Oecologia*, vol. 65 (1), ss. 7–13. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00384455>
- Mohler, C.L. (1996). Ecological basis for the cultural control of annual weeds. *Journal of Production Agriculture*, vol. 9, ss. 468–474
- Mullin, C.A., Saunders, M.C., Leslie, T.W., Biddinger, D.J. & Fleischer, S.J. (2005). Toxic and Behavioral Effects to Carabidae of Seed Treatments Used on Cry3Bb1- and Cry1Ab/c-Protected Corn. *Environmental Entomology*, vol. 34 (6), ss. 1626–1636. DOI: <https://doi.org/10.1603/0046-225X-34.6.1626>
- Navntoft, S., Esbjerg, P. & Riedel, W. (2006). Effects of reduced pesticide dosages on carabids (Coleoptera: Carabidae) in winter wheat. *Agricultural and Forest Entomology*, vol. 8 (1), ss. 57–62. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-9555.2006.00282.x>
- Neve, P., Vila-Aiub, M. & Roux, F. (2009). Evolutionary-thinking in agricultural weed management. *New Phytologist*, vol. 184 (4), ss. 783–793. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03034.x>
- Norris, R.F. (2011). Integrated pest management. *Encyclopedia of biological invasions*. (Encyclopedia of the Natural World; 3). Berkely, Los Angeles, London: University of California press, ss. 353–355.
- Oerke, E.-C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, vol. 144 (1), ss. 31–43. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Ouin, A., Paillat, G., Butet, A. & Burel, F. (2000). Spatial dynamics of wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) in an agricultural landscape under intensive use in the Mont Saint Michel Bay (France). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 78 (2), ss. 159–165. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00119-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00119-X)
- Petit, S., Boursault, A. & Bohan, D.A. (2014). Weed seed choice by carabid beetles (Coleoptera: Carabidae): Linking field measurements with laboratory diet assessments. *European Journal of Entomology*, vol. 111 (5), ss. 615–620. DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2014.086>
- Piementel, D. (1971). *Ecological Effects of Pesticides on Non-Target Species*. Washington D.C.: Executive office of the President office of science and technology.
- Pirk, G.I. & De Casenave, J.L. (2011). Seed Preferences of Three Harvester Ants of the Genus *Pogonomyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) in the Monte

- Desert: Are They Reflected in the Diet? *Annals of the Entomological Society of America*, vol. 104 (2), ss. 212–220. DOI: <https://doi.org/10.1603/AN10093>
- Pollard, E. & Relton, J. (1970). Hedges. V. A Study of Small Mammals in Hedges and Cultivated Fields. *The Journal of Applied Ecology*, vol. 7 (3), s. 549. DOI: <https://doi.org/10.2307/2401977>
- Pufal, G. & Klein, A.-M. (2013). Post-dispersal seed predation of three grassland species in a plant diversity experiment. *Journal of Plant Ecology*, vol. 6 (6), ss. 468–479. DOI: <https://doi.org/10.1093/jpe/rtt011>
- Robbins, C.T. (1983). *Wildlife feeding and nutrition*. New York: Academic press.
- Sarabi, V. (2019). Factors that influence the level of weed seed predation: A review. *Weed Biology and Management*, vol. 19 (3), ss. 61–74. DOI: <https://doi.org/10.1111/wbm.12186>
- Saska, P. (2005). Contrary food requirements of the larvae of two Curtonotus (Coleoptera: Carabidae: Amara) species. *Annals of Applied Biology*, vol. 147 (2), ss. 139–144. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.00016.x>
- Saska, P. (2008). Effect of diet on the fecundity of three carabid beetles. *Physiological Entomology*, vol. 33 (3), ss. 188–192. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2008.00618.x>
- Saska, P., Honěk, A. & Martinková, Z. (2019). Preferences of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) for herbaceous seeds. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, vol. 65 (Suppl), ss. 57–76. DOI: <https://doi.org/10.17109/AZH.65.Suppl.57.2019>
- Shearin, A.F., Reberg-Horton, S.C. & Gallandt, E.R. (2007). Direct Effects of Tillage on the Activity Density of Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae) Weed Seed Predators. *Environmental Entomology*, vol. 36 (5), ss. 1140–1146. DOI: [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2007\)36\[1140:DEOTOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2007)36[1140:DEOTOT]2.0.CO;2)
- Smith, V., Bohan, D.A., Clark, S.J., Houghton, A.J., Bell, J.R. & Heard, M.S. (2008). Weed and invertebrate community compositions in arable farmland. *Arthropod-Plant Interactions*, vol. 2 (1), ss. 21–30. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11829-007-9027-y>
- Speight, M.R. & Lawton, J.H. (1976). The influence of weed-cover on the mortality imposed on artificial prey by predatory ground beetles in cereal fields. *Oecologia*, vol. 23 (3), ss. 211–223. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00361237>
- Stenseth, N.C., Hansson, L., Myllymäki, A. & Myllymaki, A. (1977). Food Selection of the Field Vole *Microtus agrestis*. *Oikos*, vol. 29 (3), s. 511. DOI: <https://doi.org/10.2307/3543590>
- Stinner, B.R. & House, G.J. Arthropods and Other Invertebrates in Conservation-Tillage Agriculture. s. 22
- Stinner, B.R., McCartney, D.A. & Van Doren, D.M. (1988). Soil and foliage arthropod communities in conventional, reduced and no-tillage corn

- (maize, *Zea mays* L.) systems: A comparison after 20 years of continuous cropping. *Soil and Tillage Research*, vol. 11 (2), ss. 147–158. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(88\)90022-0](https://doi.org/10.1016/0167-1987(88)90022-0)
- Talarico, F., Giglio, A., Pizzolotto, R. & Brandmayr, P. (2016). A synthesis of feeding habits and reproduction rhythm in Italian seed-feeding ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *European Journal of Entomology*, vol. 113, ss. 325–336. DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2016.042>
- Tew, T.E. & Macdonald, D.W. (1993). The effects of harvest on arable wood mice *Apodemus sylvaticus*. *Biological Conservation*, vol. 65 (3), ss. 279–283. DOI: [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(93\)90060-E](https://doi.org/10.1016/0006-3207(93)90060-E)
- Tew, T.E. & Macdonald, D.W. (1994). Dynamics of space use and male vigour amongst wood mice, *Apodemus sylvaticus*, in the cereal ecosystem. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, s. 9
- Tew, T.E., Todd, I.A. & Macdonald, D.W. (2000). Arable habitat use by wood mice (*Apodemus sylvaticus*). 2. Microhabitat. *Journal of Zoology*, vol. 250 (3), ss. 305–311. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2000.tb00774.x>
- TheRoyal Society (London) (2009). *Reaping the benefits science and the sustainable intensification of global agriculture*. London: The Royal Society.
- Toft, S. & Jørgensen, H.B. (1997). Food preference, diet dependent fecundity and larval development in *Harpalus rufipes* (Coleoptera: Carabidae). *Pedobiologia*, vol. 41 (4), ss. 307–315
- Tooming, E., Merivee, E., Must, A., Sibul, I. & Williams, I. (2014). Sub-lethal effects of the neurotoxic pyrethroid insecticide Fastac® 50EC on the general motor and locomotor activities of the non-targeted beneficial carabid beetle *Platynus assimilis* (Coleoptera: Carabidae): Sub-lethal effects of the insecticide Fastac® 50EC on the motor activities of *P. assimilis*. *Pest Management Science*, vol. 70 (6), ss. 959–966. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3636>
- Trichard, A., Alignier, A., Biju-Duval, L. & Petit, S. (2013). The relative effects of local management and landscape context on weed seed predation and carabid functional groups. *Basic and Applied Ecology*, vol. 14 (3), ss. 235–245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2013.02.002>
- Tschumi, M., Ekroos, J., Hjort, C., Smith, H.G. & Birkhofer, K. (2018). Predation-mediated ecosystem services and disservices in agricultural landscapes. *Ecological Applications*, vol. 28 (8), ss. 2109–2118. DOI: <https://doi.org/10.1002/eap.1799>
- Växtskyddsåtgärder (2020-05-15). *Jordbruksverket*. Tillgänglig: <https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtskydd/vaxtskyddsatgarder> [2020-05-18]
- Ward, M.J., Ryan, M.R., Curran, W.S., Barbercheck, M.E. & Mortensen, D.A. (2011). Cover Crops and Disturbance Influence Activity-Density of Weed Seed Predators *Amara aenea* and *Harpalus pensylvanicus* (Coleoptera:

- Carabidae). *Weed Science*, vol. 59 (1), ss. 76–81. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-10-00065.1>
- Weibull, A.-C., Stman, O.R.O. & Granqvist, S. (2003). Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. s. 22
- Westerman, P.R., Hofman, A., Vet, L.E.M. & van der Werf, W. (2003a). Relative importance of vertebrates and invertebrates in epigeic weed seed predation in organic cereal fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 95 (2–3), ss. 417–425. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00224-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00224-4)
- Westerman, P.R., Liebman, M., Menalled, F.D., Heggenstaller, A.H., Hartzler, R.G. & Dixon, P.M. (2005). Are many little hammers effective? Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) population dynamics in two- and four-year crop rotation systems. *Weed Science*, vol. 53 (3), ss. 382–392. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-04-130R>
- Westerman, P.R., Luijendijk, C.D., Wevers, J.D.A. & Van Der Werf, W. (2011). Weed seed predation in a phenologically late crop: Crop choice and seed predation. *Weed Research*, vol. 51 (2), ss. 157–164. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2010.00834.x>
- Westerman, P.R., Wes, J.S., Kropff, M.J. & Van Der Werf, W. (2003b). Annual losses of weed seeds due to predation in organic cereal fields: Annual weed seed losses due to predation. *Journal of Applied Ecology*, vol. 40 (5), ss. 824–836. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00850.x>
- White, S.S., Renner, K.A., Menalled, F.D. & Landis, D.A. (2007). Feeding Preferences of Weed Seed Predators and Effect on Weed Emergence. *Weed Science*, vol. 55 (6), ss. 606–612. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-06-162.1>
- Wilson, B.J., Wright, K.J. & Butler, R.C. (1993). The effect of different frequencies of harrowing in the autumn or spring on winter wheat, and on the control of *Stellaria media* (L.) vill., *Galium aparine* L. and *Brassica napus* L. *Weed Research*, vol. 33 (6), ss. 501–506. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1993.tb01966.x>
- Winqvist, C., Bengtsson, J., Aavik, T., Berendse, F., Clement, L.W., Eggers, S., Fischer, C., Flohre, A., Geiger, F., Liira, J., Pärt, T., Thies, C., Tschardtke, T., Weisser, W.W. & Bommarco, R. (2011). Mixed effects of organic farming and landscape complexity on farmland biodiversity and biological control potential across Europe: Organic farming and landscape affect bio control. *Journal of Applied Ecology*, vol. 48 (3), ss. 570–579. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01950.x>
- Wivstad, M. (2005). *Kemiska bekämpningsmedel i svenskt jordbruk: användning och risker för miljö och hälsa*. Uppsala: Centrum för uthålligt lantbruk, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Zhang, J., Drummond, F.A., Liebman, M. & Hartke, A. (1997). Insect Predation of Seeds and Plant Population Dynamics. *Technical Bulletin*, vol. 163

Zhang, W., Ricketts, T.H., Kremen, C., Carney, K. & Swinton, S.M. (2007).
Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*,
vol. 64 (2), ss. 253–260. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.024>